Korngrößenbestimmung feinster organischer Pulver

(Braunkohle, Kakao, Sojamehl, Reismehl, Stärkemehle und Zucker)

Von der Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

Dissertation

Vorgelegt von

Berg-Dipl.-Ing. Erich Kaul aus Heydebreck O.-S.

Referent: Prof. Dr. W. Groß
Korreferent: Prof. Dr. Suhrmann

*

Tag der mündlichen Prüfung:
12. Februar 1935

*

1935

VERLAG CHEMIE, G. M. B. H., BERLIN

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Erscheint auch als Beiheft zu den Zeitschriften des Vereins deutscher Chemiker Nr. 17,
(Verlag Chemie, Berlin) 1935.
Auszug veröffentlicht Angew. Chem. **48**, 397 [1935].

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr.-Ing. *W. Groß*, gestatte ich mir auch an dieser Stelle für die Anregung zu dieser Arbeit und sein großes Interesse sowie für seine stets bereitwillige Unterstützung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549814_0071

Korngrößenbestimmung feinster organischer Pulver

In der Aufbereitungskunde bezeichnet man Systeme bestimmter Kornklassen mit Namen wie Sande, Mehle und Schlämme. Diese Zerlegung in die einzelnen Klassen fand seit alters her durch Absiebung statt. Auch wurde diese zur Bestimmung und Prüfung der Korngröße (Siebanalyse) benutzt. Aber diese Art stellt nur einen Notbehelf dar, da bei zu feinem Gut bald die Grenzen des Siebverfahrens erreicht sind. Die Untersuchungen unseres Aufbereitungslaboratoriums gingen nun dahin, durch Weiterentwicklung bekannter Verfahren, wobei die meisten auf dem Prinzip des freien Falls in einem Medium mit innerer Reibung fußen, auch bei feinstem Gut brauchbare Werte zu ermitteln. Diese Untersuchungen im Laboratorium, die sich bisher hauptsächlich auf Baryt, Steinkohle und Mehle erstreckten, auch auf bisher noch nicht untersuchte Stoffe organischer Natur auszudehnen, ist der Zweck vorliegender Arbeit.

Hierbei wurde das Gebiet der mehl- oder staubförmig vorkommenden organischen Verbindungen — hauptsächlich Nahrungsmittel — in den Kreis der Untersuchungen einbezogen, da auch auf sie die vorher genannten Zusammenhänge der Teilchengröße mit anderen Faktoren in Anwendung gebracht werden können. Auch bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Nahrungsmitteln ist deren Korngröße von Wichtigkeit. Worin diese liegt, soll in den späteren Ausführungen gezeigt werden.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf

1. Braunkohle,
2. Kakao,
3. Sojamehl,
4. Reismehl,
5. Maisstärke,
6. Reisstärke,
7. Kartoffelstärke,
8. Puderzucker.

Da diese Untersuchungen auch für Zwecke des praktischen Betriebes nutzbringend sein sollen, so muß unter den vielen bekannten Untersuchungsverfahren eins ausgewählt werden, das durch seine Billigkeit und einfache Anwendungsweise auch in den Händen eines weniger Geschulten genügend genaue Werte zu liefern imstande ist.

Mit einer einzigen Zahl die Abmessungen eines Einzelkorns festzulegen, ist sehr schwierig. Noch am leichtesten kann man bei den Idealfällen des Würfels, der Kugel oder an den regulären Kristallformen diese Bedingung erfüllen; für alle anderen Körper ist nach den Laboratoriumserfahrungen diese Bestimmung durch den Formenreichtum außerordentlich erschwert. In den meisten Fällen wird man sich daher begnügen, nur mit Annäherungswerten zu rechnen. Bei den großen Mengen, mit denen wir es bei der Untersuchung von staubförmigen Stoffen meist zu tun haben, werden die experimentell ermittelten Werte sich als statistische Mittelwerte der Wirklichkeit stark nähern.

Die einfachste Art einer Kornfeinheitsbestimmung beruht auf dem subjektiven Schätzen. Man versucht dabei, durch Befühlen (Griffigkeit) Näheres über die Kornfeinheit auszusagen. Dieser Vorgang beruht darauf, daß von einer bestimmten Größe ab die Einzelteilchen beim Zerreiben zwischen den Fingern dem Beobachter rein gefühlsmäßig ihren höheren Dispersitätsgrad angeben. Weiterhin versucht man, durch Betrachten (Einfluß der Mahlfeinheit auf Farbe) eine Bestimmung der Kornfeinheit zu erreichen. Hoffmann[1]) hat nachgewiesen, daß Zinkblende bei höherem Dispersitätsgrad eine hellere Farbe aufweist. Auch bei Roggen- und Weizenmehlen spielt der Einfluß der Korngröße auf den Farb- bzw. Weißgehalt des Gutes eine Rolle, wobei aber zu beachten ist, daß auch stoffliche Unterschiede des Gutes diese Veränderungen hervorbringen können. Da bei den genannten Verfahren brauchbare Werte nur von erfahrenen Beobachtern gewonnen werden können, ist es notwendig, an Stelle des Gefühls eine Meßmethode zu setzen, die mit genauen und zahlenmäßig vergleichbaren Werten arbeitet.

Bei grobdispersen Systemen ist die direkte Messung der Einzelteilchen möglich; ist die Teilchengröße geringer, so kann man unter dem Mikroskop mit Netzmikrometern und ähnlichen Einrichtungen den Mengenanteil durch Auszählung ermitteln. Da man aber hierbei auf eine zu kleine Probemenge beschränkt ist und der Zeitaufwand erheblich ist, wird man die Anwendung dieser optischen Verfahren zweckmäßig auf einige Sonderfälle beschränken müssen.

Eine der ältesten und einfachsten Methoden der Korngrößenbestimmung ist die Ermittlung der Teilchengröße durch Aussieben. Ihrem Anwendungsbereich ist aber eine Grenze gesetzt, da die lichte Maschenweite des feinsten genormten, also noch einigermaßen zuverlässigen Siebes 60 μ beträgt. Somit klafft für die Bestimmung der Korngrößen von 60 μ abwärts eine empfindliche Lücke, die um so mehr ins Gewicht fällt, da die meisten vorkommenden Stäube mit ihrer größeren Anteilmenge unterhalb der genannten Größenordnung liegen. Noch weiter mit der Sieböffnung herunterzugehen — wie z. B. die Amerikaner bis 44 μ [2]) —, ist wenig zweckmäßig, da neben der schwierigen Anfertigung derartiger Siebe die Abweichungen und Fehlerquellen zu groß werden. Zeigt das Gut außerdem Neigung zur Zusammenballung, so kann ihr Anwendungsbereich schon bei viel gröberem Korn ein Ende finden.

Man ist also gezwungen, nach anderen Verfahren zur Korngrößenbestimmung zu suchen, und nach dem heutigen technischen Stand bleibt noch die Gruppe von Verfahren übrig, die auf dem Prinzip der Maximalfallgeschwindigkeit eines Körpers im gasförmigen oder flüssigen Mittel beruhen.

Die Sedimentanalyse.

Als physikalische Grundlage der Sedimentanalysen dient die Formel von *Stokes*, die Fallgeschwindigkeit und Teilchengröße zu einander in Beziehung setzt[3]):

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2}{9} \cdot g \cdot r^2 \frac{D_1 - D_2}{\eta}.$$

Es ist nun leicht, aus der durch den Versuch erhaltenen Fallgeschwindigkeit die Korngröße zu berechnen, da die anderen Werte der rechten Seite obiger Formel sich aus bestimmten physikalischen Konstanten des Dispersionsmittels und der dispersen Phase ergeben.

Zur Ermittelung dieser Maximalfallgeschwindigkeit dienen verschiedene Verfahren.

Bei der Sedimentanalyse im gasförmigen Mittel (Windsichtung) wird die Isolierung der Kornklassen durch einen aufsteigenden Luftstrom bewirkt. Dieser bläst sämtliche Teilchen, deren Fallgeschwindigkeit kleiner als seine Strömungsgeschwindigkeit ist, aus dem Gut aus. Neben einigen älteren Apparaten ist hauptsächlich der Windsichter von *Gonell*[4]) in Gebrauch. Ein Vorteil dieser Apparatur ist, daß die Korngrößenbestimmung in demselben Gas vor-

[1]) *Hoffmann*, Über die Möglichkeit der Bestimmung stofflicher Eigenschaften von Erzen mit Hilfe phys. Messungen. Metall u. Erz **29**, 520 [1932].

[2]) *Bleibtreu*, Kohlenstaubfeuerungen 1930, S. 26.

[3]) *W. Mecklenburg*, Die experimentellen Grundlagen der Atomistik; *Sven Odén*, Kolloid-Z. **18**, 34 [1916].

[4]) *Gonell*, Z. Ver. dtsch. Ing. **72**, 945 [1928].

genommen werden kann, in dem es technisch aufgewirbelt oder abgelagert wird, und daß man die Kornfraktionen isolieren kann, ein Nachteil, daß es unmöglich ist, die Geschwindigkeit des Luftstromes über den ganzen Querschnitt konstant zu erhalten. Neigen weiterhin die Teilchen zur Zusammenballung im Luftstrom, so ist einem Verfahren der Vorzug zu geben, bei dem eine nasse Vorbereitung der Proben zur völligen Dispergierung führt; für technische Untersuchungen kommen hauptsächlich zwei in Frage:

1. die Sedimentanalyse nach *Wiegner-Gessner*,
2. die Pipettemethode nach *Andreasen*.

Betreffs der übrigen Verfahren sei auf die einschlägige Literatur verwiesen[5]).

Die Sedimentanalyse nach *Wiegner-Gessner* gestattet die photographische Aufzeichnung des Falldiagramms für Stäube von einem Durchmesser von 2000 bis 2 μ[6]).

Trotz dieses hohen Anwendungsbereiches haftet dem Verfahren ein großer Mangel an, da einwandfreie Ergebnisse nur bei absoluter Temperaturgleichheit zu erzielen sind. Selten wird man aber bei technischen Analysen einen Raum zur Verfügung haben, der die *Wiegner*sche Forderung der Temperaturgleichheit auf 1° einhält. Ferner entstehen Schwierigkeiten bei der Auswertung der mit dem Lichtbild aufgenommenen Diagramme.

Die vielen Versuche im hiesigen Laboratorium haben nun ergeben, daß das **Pipetteverfahren** nach *Andreasen*[7]) durch seine Billigkeit, bequeme Handhabung und Einfachheit sich am besten zur Korngrößenbestimmung von Stoffen eignet, die man üblicherweise als Staub bezeichnet.

Andere Verfahren zur Messung disperser Gemische, wie z. B. die Nephelometrie oder Trübemessung, Intensitätsmessungen der *Brown*schen Bewegung u. a. m. seien nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Ihr Anwendungsbereich, das mehr auf dem Gebiet allerfeinster Dispersionen (Kolloiddispersionen) liegt, schließt ihre Brauchbarkeit für vorliegende Zwecke aus.

Da nun die Pipettemethode, mit der sämtliche Versuche ausgeführt wurden, auf dem *Stokes*schen Gesetz fußt, müssen zuerst die allgemeinen Bedingungen für dessen Gültigkeit, soweit sie unsere Messungen betreffen, untersucht werden.

Weyssenhoff[8]) faßt diese Bedingungen folgendermaßen zusammen:

1. Annahme einer inkompressiblen, zähen Flüssigkeit im Sinne der Hydrodynamik.
2. „Langsamkeit" der Bewegung.
3. Unbegrenztheit der Flüssigkeit.
4. Stationärer Bewegungszustand.
5. Kugelgestalt des sich bewegenden Körpers.
6. Verschwinden der Gleitung zwischen Kugel und Flüssigkeit.
7. Voraussetzung, daß die Kugel ein fester Körper ist.

Diese Bedingungen müssen bei den Versuchen entsprechend berücksichtigt werden.

Zu 1. Die Teilchen der Meßflüssigkeit müssen im Verhältnis zu den fallenden Teilen sehr klein sein. Diese Bedingung dürfte bei den angewandten flüssigen Dispersionsmitteln ohne weiteres gegeben sein.

Zu 2. Die zweite Bedingung gibt eine Begrenzung der *Stokes*schen Formel nach oben gegen zu große Fallgeschwindigkeiten. Hierüber sei auf die Untersuchungen von *Schiller* und *Naumann*[9]), die nach dem Stand der Veröffentlichungen in dieser Frage am weitesten fortgeschritten zu sein scheinen, hingewiesen. Diese geben an, daß bei einer *Reynolds*chen Zahl, die kleiner als 0,1 ist, die *Stokes*sche Formel ohne Bedenken angewandt werden kann.

Zu 3. Diese Bedingung ist nach den Erfahrungen als erfüllt zu erachten.

Zu 4. Diese Bedingung verlangt, daß die konstante Geschwindigkeit erreicht sei. Bei der Durchführung der Analysen kann in den meisten Fällen mit einer konstanten Geschwindigkeit von Anfang an gerechnet werden, bzw. die Zeiten bis zum Eintritt der gleichförmigen Fallgeschwindigkeit sind so klein, daß man sie ohne weiteres vernachlässigen kann.

Zu 5. Eine der schwierigsten Bedingungen ist die verlangte Kugelgestalt der Einzelteilchen. Diese wird in den seltensten Fällen in der Praxis ideal erfüllbar sein. In diesem Falle hilft man sich mit der Einführung eines sogenannten „Äquivalentradius", der dem Radius einer ideellen Kugel mit gleicher Fallgeschwindigkeit entspricht. Liegen die einzelnen Teilchen mehr oder minder rundlich vor, so wird der Äquivalentradius wenig vom mittleren abweichen.

Andreasen[10]) zeigt, daß auch für eckige Teilchen die Formel von *Stokes* gilt. Hierbei rechnet man mit der Kantenlänge des Würfels, der dasselbe Volumen wie die Kugel hat. Liegen aber ausgesprochen stäbchen-, tafel- oder diskusförmige Körper vor, so kann man bei Einführung entsprechender Korrektionskonstanten die *Stokes*sche Formel anwenden, oder man gibt nur die Sink- oder Schwebegeschwindigkeit der betreffenden Stoffe in verschiedenen Medien zu ihrer Kennzeichnung an[11]).

Zu 6. Der Forderung, daß kein Gleiten zwischen den Teilchen und der Meßflüssigkeit stattfinden darf, wird bei zähen Flüssigkeiten (im Gegensatz zu idealen Flüssigkeiten) entsprochen. Die bei der Sedimentanalyse Verwendung findenden Flüssigkeiten sind ohne weiteres als zähe anzusprechen[12]). Hierbei ist aber Bedingung, daß eine vollständige Benetzung der Teilchen zustande kommt; auf diesen Umstand ist bei der Wahl des Dispersionsmittels besonders zu achten.

Zu 7. Diese Bedingung dürfte bei den untersuchten organischen Staubgemischen von vornherein gegeben sein.

Das Dispersionsmittel darf in keinem Fall mit dem Medium eine chemische Verbindung eingehen und somit eine Dichteänderung hervorrufen. Weiterhin muß man vermeiden, die Sedimentanalyse in einer Flüssigkeit vorzunehmen, in der sich die disperse Phase molekulardispers löst. Denn sowohl jede Veränderung der Dichte, als auch jeder Verlust des dispersen Anteils führt zu groben Fehlern.

Das Mittel muß unbedingt dispergierend wirken, d. h. es dürfen keine Zusammenballungen eintreten und somit scheinbar größere Korndurchmesser vorgetäuscht werden. Die Flockung (Koagulation) kann man durch Veränderung der Konzentration oder durch Zusatz geeigneter Peptisatoren[13]) zu verhindern suchen. Leider ist letzterer Weg bei den organischen Substanzen infolge des gewählten Dispersionsmittels schwer erfüllbar. Weiterhin darf die Meßflüssigkeit keine Schrumpfung oder Quellung der Einzelteilchen bewirken. Die Dichtebestimmung des Mediums kann praktisch am besten mit der *Mohr-Westphal*schen Waage, die Viscosität mit dem *Ostwald*-Viscosimeter ausgeführt werden[14]).

Bei der Wahl der Meßflüssigkeit müssen Fallhöhe, Fallzeit und spezifisches Gewicht des zu untersuchenden Stoffes ebenfalls Berücksichtigung finden.

---

[5]) *Gessner*, Die Schlämmanalyse; *Hahn*, Dispersoidanalyse.

[6]) *Faber*, Physikalische Staubbestimmungen.

[7]) *Andreasen* u. *Lundberg*, Apparate zur betriebsmäßigen Feinheitsbestimmung der Mörtelstoffe usw. Zement **19**, 698 [1930]; *Andreasen* u. *Berg*, Beispiele der Verwendung der Pipettemethode bei der Feinheitsanalyse unter bes. Berücksichtigung der Feinheitsuntersuchungen von Mineralfarben, Beiheft zu den Zeitschriften des V. d. Ch. Nr. 14; auszugsweise veröffentlicht Angew. Chem. **48**, 283 [1935].

[8]) *J. Weyssenhoff*, Ann. Physik [4] **62**, 1 [1920].

[9]) *Schiller* und *Naumann*, Über die grundlegenden Berechnungen bei der Schwerkraftaufbereitung. Z. Ver. dtsch. Ing. **77**, 318 [1933.]

[10]) *Andreasen*, Kolloidchem. Beihefte **27**, 349 ff., [1928].

[11]) *Groß* u. *Gründer*, Kornfeinheitsbestimmungen durch die Sedimentanalyse am Beispiel von Steinkohlenstaub. Glückauf **69**, 485 ff. [1933].

[12]) *Arnolds*, Philos. Magaz. **22**, 755 [1911].

[13]) *Ges ner*, Schlämmanalyse, S. 166 ff.

[14]) *Ubbelohde*, Das einfachste und genaueste Viscosimeter. Petroleum **29**, Nr. 23 [1933].

Um ein Beispiel zu nennen, muß man, wenn der Staub spezifisch zu schwer oder die Korngröße zu grob werden sollte, entweder mit der Viscosität oder dem spezifischen Gewicht entsprechend heraufgehen. Die Fallhöhe des Apparates zu verändern, ist weniger empfehlenswert, da bei größerer Fallhöhe sich Unbequemlichkeiten beim Ziehen der Probe einstellen.

Gerade bei organischen Substanzen macht die richtige Wahl des Dispersionsmittels große Schwierigkeiten; Wasser z. B. kommt nicht in Frage, da sich Lösungs- oder Quellungserscheinungen zeigen, Schwefelsäure, die zwar ein hohes spezifisches Gewicht und eine hohe Viscosität besitzt, muß ausscheiden, da sie auf die Substanz zerstörend wirkt. Mischungen von Xylol und Tetrachlorkohlenstoff oder Acethylentetrabromid bedingen zwar ein hohes spezifisches Gewicht, haben aber wiederum eine zu geringe Zähigkeit. Bei Mischungen eines hochviscosen Öles mit den vorgenannten schweren Flüssigkeiten traten starke Flockungserscheinungen auf und machten es für unsere Zwecke unbrauchbar.

Nach Laboratoriumserfahrungen und eigenen Untersuchungen des Verfassers kommen für die Sedimentanalyse organischer Stoffe hauptsächlich zwei Flüssigkeiten in Frage, die allen vorgenannten Bedingungen entsprechen. Es sind dies „Palatinol A" (Phthalsäurediäthylester) der I. G. und Isobutylalkohol. Letzterer eignet sich für feinere, ersterer für gröbere Kornbereiche (vgl. Abb. 1).

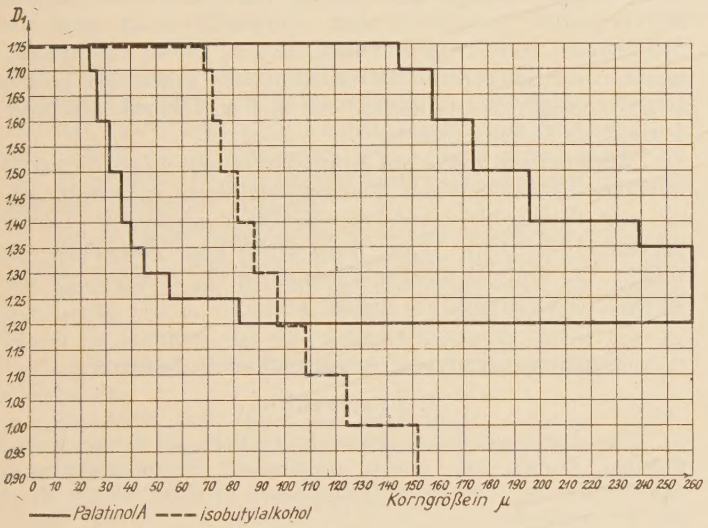

Abb. 1.

Das spezifische Gewicht der Stoffe selbst wird am besten mit dem Vakuum-Pyknometer[15]) bestimmt.

Die Methode zur Messung des mengenmäßigen Anteils der einzelnen Fraktionen bei dem Apparat von *Andreasen* beruht auf folgendem einfachen Vorgang:

Man saugt mit einer Pipette von bestimmtem Volumen aus einer bestimmten Tiefe eine Probe des sedimentierenden Systems an und bestimmt die darin enthaltene Teilchenmenge in Gramm. Hierin liegt ein großer Vorteil der Pipettemethode, da die Anteilmenge durch Wägung sehr genau ermittelt werden kann.

Hierzu ist es notwendig, die fest-flüssige Phase zu trennen. Dies geschieht einmal durch Abdampfen, wie z. B. bei Anwendung von Wasser, und Isobutylalkohol (Siedepunkt 106°). Beim Palatinol ist dieser Weg wegen des hohen Siedepunktes (280°) nicht gangbar, da bei dieser hohen Temperatur leicht Verluste an flüchtigen Bestandteilen oder chemische Umwandlungen der untersuchten Substanzen eintreten können. Daher erfolgt in diesem Falle die Trennung durch Filtration in Glasfiltern mit geringer Porenöffnung. Die anhaftenden Reste von Palatinol werden mit Äther entfernt. Da Äther gewisse organische Substanzen löst, muß man diesen Verlust für jeden zu untersuchenden Stoff vorher bestimmen und diesen sogenannten Extraktionsfaktor bei den späteren Berechnungen entsprechend in Rechnung stellen. Andere Verfahren, welche die Trennung der fest-flüssigen Phase durch Zentrifugieren bewirken, halte ich für weniger zweckmäßig, da bei volumetrischer Messung leichter Fehler entstehen können als bei der Wägemethode.

Wenn sich die Sedimentanalyse über eine lange Zeit erstreckt, ist es außerordentlich schwierig, ohne Thermostaten die Temperatur konstant zu erhalten. Durch die Temperaturschwankungen können einmal Konvektionsströmungen[16]) auftreten, welche die Sedimentation empfindlich stören, wenn nicht gar unmöglich machen. Da nun das Glied η in der *Stokes*schen Gleichung stark temperaturabhängig ist, so bringt jede Temperaturschwankung in die Berechnung der Fallkurven eine große Unsicherheit. Man kann zwar bei der Berechnung der Korngrößen diese Temperaturschwankungen entsprechend berücksichtigen und wird etwas andere Werte für diese erhalten. Da sich aber die Mengenanteile in viel stärkerem Maße verändern und diese Änderung sich nicht rechnerisch erfassen läßt, bleibt der Fehler auch bei Einführung von Temperaturkorrekturen oder Rechnung mit „durchschnittlicher Temperatur" bestehen. Will man ohne Thermostaten, dessen Anschaffung mit höheren Kosten verknüpft ist, auskommen, so muß man einen Raum mit möglichster Temperaturgleichheit wählen oder die Dauer des Versuchs durch richtige Wahl des Dispersionsmittels auf nicht allzu lange Zeiträume ausdehnen.

Die von *Vinther* und *Lasson*[17]) vorgeschlagene Anordnung der verkürzten Pipette wurde bei den von mir untersuchten Stoffen nicht angewandt, da diese in Korngrößenbereichen lagen, die bei den gewählten Dispersionsmitteln eine allzu lange Versuchsdauer ausschlossen.

Sofort nach dem kräftigen Umschütteln zwecks Homogenisierung wird eine Probe, die sogenannte Nullprobe, gezogen, die das Maß der totalen Stoffkonzentration angeben soll. Sie ist auch rechnerisch aus dem Produkt von Einwaage mal Pipettevolumen dividiert durch das Gesamtvolumen zu ermitteln. Stets liegt aber die durch den Versuch ermittelte Nullprobe beträchtlich unter der berechneten, vermutlich weil Stoffteilchen an den Pipettewänden haften bleiben und Luftblasen, die beim Schütteln entstehen, erst nach etwas längerer Zeit entweichen und so in die Nullprobe hineinkommen, oder auch weil durch zu langsames Abziehen die Sedimentation schon begonnen hat.

Die Wahl des Nullpunktes ist daher eine ziemlich willkürliche. Anders verhält es sich mit dem theoretisch berechneten Nullpunkt, der, genaues Abwägen und Ausfüllen des Apparates vorausgesetzt, immer gleich sein und somit stets Gültigkeit haben wird. Wir schlagen deshalb vor, als Ausgangspunkt für die spätere Rechnung stets nur die theoretisch ermittelte Nullprobe einzusetzen. Dadurch dürfte sich auch ein großer Teil von Unstimmigkeiten beim Vergleich von Analysenergebnissen aufklären, die bei Untersuchungen verschiedener Beobachter an der gleichen Substanz oft auftraten.

Durch das energische Schütteln am Anfang des Versuchs ist es oft unvermeidlich, daß Luftbläschen in dem Dispersionsmittel verteilt bleiben und nicht sofort ent-

[15]) *Gründer*, Mühle **69**, Nr. 49; Mühlenlab. **1932**, Nr. 14, S. 85.

[16]) *S. Odén*, Kolloid-Z. **26**, 103 [1919]; *Hahn*, Dispersoidanalyse 1928, S. 335.

[17]) *Vinther* und *Lasson*, Über Korngrößenmessungen von Kaolin- und Tonarten. Ber. dtsch. keram. Ges. **14**, 259 [1933].

weichen können. Haften sie weiterhin an den einzelnen Teilchen fest, so kann es geschehen, daß hierdurch das spezifische Gewicht der dispersen Phase stark verändert oder der Auftrieb der anhaftenden Gasblasen größer als die Sinkgeschwindigkeit der einzelnen Teilchen wird. Diese Umstände führen leicht zu empfindlichen Störungen des Sedimentprozesses. Deshalb ist es zweckmäßig, vor Beginn des Abpipettierens der ersten Probe einige Zeit (3—5 min) verstreichen zu lassen, um hierdurch den Gasblasen Zeit zum Entweichen zu geben.

Vorbereitung und Durchführung der Analyse.

Über die praktische Durchführung der Analysen sei auf die diesbezügliche Literatur verwiesen[7])[15]).

Da die praktische Vorbereitung der Proben für das Gelingen der Sedimentanalyse von ausschlaggebender Bedeutung ist, halte ich folgende Anordnung für am zweckmäßigsten.

Zuerst wird man bei größerer Substanzmenge durch Mischen und Herunterviertelnen eine genaue Durchschnittsprobe des Materials entnehmen. Hierauf folgen zweckmäßig mikroskopische Untersuchungen, die einen Überblick über Kornform, größtes und kleinstes vorkommendes Korn und über die durchschnittliche Korngröße geben. Nach Wahl des Dispersionsmittels folgt die Prüfung auf ev. Flockungserscheinungen im Reagens- und Uhrglas, am besten auch noch einmal unter dem Mikroskop. Als beste Konzentration hat sich bei den untersuchten organischen Substanzen eine solche von 2 Vol.-% fest in 100 Vol.-% flüssig erwiesen.

Als letztes muß mit Hilfe der *Reynolds*chen Zahl geprüft werden, ob die erreichte Maximalgeschwindigkeit so gehalten ist, daß der Anwendung des *Stokes*schen Gesetzes nichts im Wege steht.

Darstellung der Analysenergebnisse.

Die Ergebnisse der Sedimentanalyse werden am besten graphisch dargestellt.

Man trägt in einem Koordinatensystem die gefundenen Prozente als Ordinaten und die dazugehörigen Korngrößen als Abszissen auf. Verbindet man die einzelnen Punkte, so bekommt man die Korncharakteristik des betreffenden Materials. Bei dieser Darstellung, „Feinheitskennlinie" genannt, kann man, um einen Augenblick im Sinne der Siebanalyse zu sprechen, die Gesamtrückstände auftragen, die auf einem tatsächlich oder gedachten Sieb mit der durch die Abszisse gegebenen Korngröße bleiben würden, wenn man das Gut allein auf ihm absiebt. Statt der Gesamtrückstände kann man auch die Gesamtdurchgänge auftragen, wobei die beiden Kurven spiegelgleich sein müssen. Jeder Punkt von ihnen zeigt, wieviel Gewichtsprozente des Materials eine Korngröße haben, die einmal größer, das andere Mal kleiner ist als die auf den Abszissen angegebene. Die erste Art, bei der die Rückstandsprozente aufgetragen werden, bezeichne ich als Feinheitskennlinie vom Groben ins Feine (F. K. >), die andere als Feinheitskennlinie vom Feinen ins Grobe (F. K. <), da die Bezeichnung Siebrückhalts- bzw. Durchgangskurve bei einem Fehlen von Sieben bei der Untersuchung unsinnig ist. Eine weitere Darstellungsart ist die Differentiations- oder Kornverteilungskurve, die ein genaues Bild der Anteilmenge der Korngrößen gibt[6]).

Bei meinen Untersuchungen ist stets die Feinheitskennlinie vom Groben ins Feine dargestellt, da die Aufbereitungskunde, den Müllereibetrieb u. a. m. stets mehr der Rückstand interessiert, weil man aus ihm ermessen kann, ob das Gut genügend aufgeschlossen ist.

Nachprüfung der erhaltenen Ergebnisse.

Jede Analyse wird doppelt ausgeführt. Eine vollständige Übereinstimmung beider Ergebnisse wird sehr selten sein. *Gessner*[18]) bezeichnet Analysen mit einem mittleren Fehler von 2% als recht gut; derartige Übereinstimmungen sind bei sauberen Arbeiten auch ohne weiteres zu erreichen. Weiterhin schreibt *Gessner*, daß eine Analyse erst dann als richtig angenommen werden kann, wenn sie, in verschiedener Konzentration durchgeführt, stets die gleichen Ergebnisse liefert, weil dadurch erst eine Kontrolle gegeben sei, daß die Analyse ohne Beeinflussung von Zusammenballungen verlaufen sei.

Nach meinem Dafürhalten genügt es aber, daß Analyse und Kontrollanalyse bei gleicher Konzentration übereinstimmende Werte liefern. Vielmehr ist es wichtiger, schon bei den Vorversuchen die Erscheinungen der Koagulation genau zu beachten. Zeigt die eingeteigte Probe bei der mikroskopischen Betrachtung keine Flockungserscheinungen, so ist anzunehmen, daß solche auch hinterher bei der Analyse nicht auftreten. Die bei einigen Substanzen mit verschiedener Konzentration vorgenommenen Untersuchungen gaben gut übereinstimmende Werte; bei richtig gewähltem Dispersionsmittel und scharfer Kontrolle besteht also wenig Gefahr für Koagulation.

Eine weitere Kontrolle, die aber aus den vorher erwähnten Gründen nur bedingt anwendbar ist, gibt die Siebanalyse. Diese wird sich nicht immer stetig an die Sedimentanalyse anschließen, da bei jeder Bestimmungsart andere Fehlerquellen vorhanden sind. Immerhin kann man die Siebanalyse zum Vergleich heranziehen, wobei erfahrungsgemäß ihre Kurven der Sedimentanalyse gegenüber gröber liegen werden, aus Gründen, die in der Technik des Siebverfahrens zu suchen sind[11]).

Zum Schluß käme als Kontrollmethode noch die rechnerische Ermittlung der Feinheitskennlinie in Frage, wie sie für Steinkohlenstaub durchgeführt wurde[19]). Leider scheinen die Mehle nach *Rammler*[20]) eine Ausnahme zu bilden; die Gründe hierfür scheinen in der Siebtechnik des Verarbeitungsganges zu suchen sein.

Sedimentanalysen organischer Substanzen.

1. Braunkohle.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf zwei staubförmige Proben aus einem rheinischen Braunkohlenwerk. Staubprobe Nr. 1 ist ein aufgemahlenes Produkt, Probe Nr. 2 ein Sichterstaub.

Der Staub Nr. 1 zeigte in den Bunkern und Leitungen nicht die gewünschte Fließeigenschaft, während Staub Nr. 2 einwandfrei ausfloß. Die Sedimentanalyse sollte daher, über den Weg der Korngrößenbestimmung, Aufklärung über das Fließen oder Nichtfließen verschaffen.

Schon dem äußeren Aussehen nach wiesen beide Proben Unterschiede auf. Staub Nr. 1 machte fast den Eindruck einer flüssigen Phase, während Staub Nr. 2 beim Anfühlen griffig erschien.

Der mikroskopische Befund ergab Einzelkörner von genähert kugeliger Gestalt. Lignitische Bestandteile, die infolge ungünstiger Form den Verlauf der Analyse hätten stören können, wurden nicht festgestellt.

Als Dispersionsmittel wurde Palatinol A gewählt. Da Braunkohle im Wasser Quellungserscheinungen aufweist[21]), und Isobutylalkohol infolge Lösungsvorgängen braun gefärbt wurde, mußten beide verworfen werden, um eine Volumenänderung des Einzelkorns zu vermeiden.

---

[18]) *Gessner*, Die Schlämmanalyse 1931, S. 166.

[19]) *Rosin*, *Rammler* und *Sperling*, Korngrößenprobleme des Kohlenstaubes und ihre Bedeutung für die Vermahlung. Ber. Reichskohlenrats C 52, 1933, S. 23.

[20]) Desgl.

[21]) *Rammler*, Quellungserscheinungen an Braunkohle. IV. Berichtsf. d. Reichskohlenrats.

Das spez. Gewicht wurde im Vakuum-Pyknometer für beide Staubsorten zu 1,4 bestimmt.

Die erhaltenen Werte sind als Feinheitskennlinien in Abb. 2 aufgetragen. Die entsprechenden Siebanalysen sind gleichfalls eingezeichnet und schließen sich einigermaßen an.

Die errechnete mittlere Korngröße beträgt bei Staub Nr. 1 70,4 μ, bei Staub Nr. 2 79,1 μ; Staub Nr. 1 ist bedeutend feiner.

Für die Berechnung der mittleren Korngröße wird die Gesamtmenge in Einzelkornklassen von 10 zu 10 μ zerlegt.

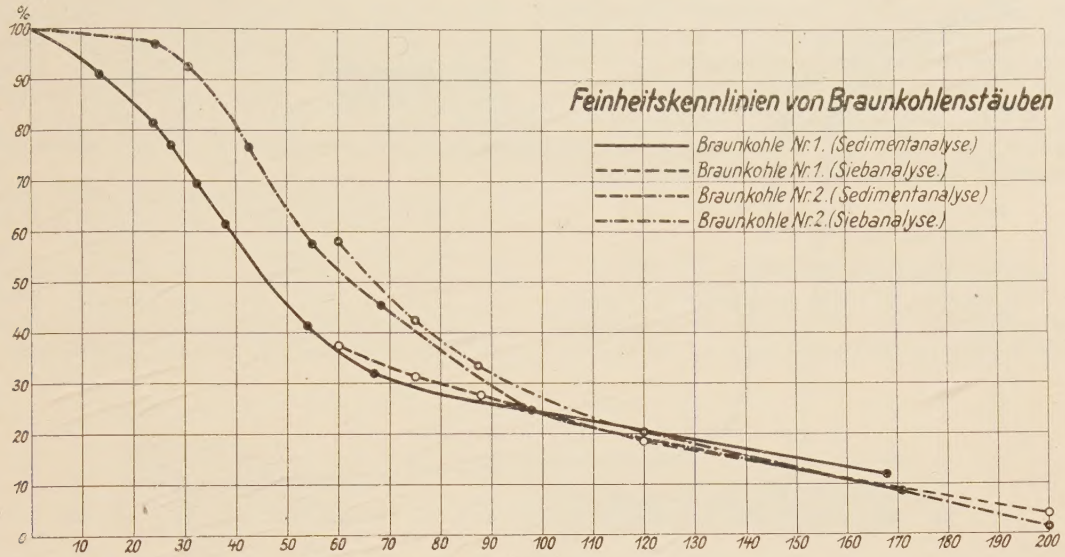

Abb. 2.

Von jeder dieser Kornklassen bestimmt man die mittlere Korngröße in μ und den Anfall in Prozent. Dann bildet man das Produkt beider, zählt die Produkte zusammen und dividiert die entstehende Summe durch 100, welcher Zahl die Summe der Anfallprozente entsprechen muß. Das Resultat gibt die mittlere Korngröße in μ an.

Tatsächliche Versuche, die an Ort und Stelle vorgenommen wurden, zeigen, daß durch Vermehrung des gröberen Anteils bei feinerem Staub die erwünschte Fließeigenschaft wiederhergestellt wurde. Um einen lager- bzw. transportfähigen Staub zu erhalten, ist die Kennzeichnung in bezug auf die Korngröße für die Fließeigenschaft von einschneidender Bedeutung.

Es ergibt sich daher die Möglichkeit, derartige Staubgemische mit Hilfe der Sedimentanalyse auf Korngröße zu überprüfen.

2. Kakaopulver.

Beim Kakaopulver geht das Bestreben der Hersteller dahin, es so zu gestalten, daß es, mit Wasser übergossen, eine schleimige Flüssigkeit bildet, in der die festen Bestandteile ohne Bodensatzbildung längere Zeit in Schwebe bleiben. Dies geschieht einmal durch das sogenannte Aufschließen[22]), bei dem die Zellwände der Stärke durch Alkalien aufgequollen werden, das andere Mal, indem man ein möglichst feines Korn herstellt.

Zur Herstellung der gewünschten Korngröße bedient man sich zweier Wege, des Absiebens (Beutelns) oder des Windsichtens.

Zur Feststellung, ob bei gebeuteltem und windgesichtetem Kakao Unterschiede in der Korngröße und Kornverteilung zu finden sind, bediente man sich bisher des Verfahrens von *Boll*[23]). Hierbei wird der Kakao mit Wasser angerührt und einmal aufgekocht. Die Messung selbst erfolgt in Standzylindern, wobei das Volumen des entstehenden Bodensatzes gemessen und mit anderen verglichen wird.

Diesem Verfahren haften allerlei Mängel an, vor allem gibt es nur Vergleichswerte, ferner tritt bei der Verwendung von Wasser durch Aufquellung eine Veränderung der Einzelteilchen ein. Alle diese Erscheinungen, die zu Fehlern führen können, lassen sich beim Pipetteverfahren vermeiden.

Von den beiden untersuchten Proben war Kakao Nr. 19 durch Beutelung, Kakao Nr. 2 durch Windsichtung hergestellt. Der mikroskopische Befund ergab Kornformen von rundlicher Gestalt, und die Probe zeigte eine homogene Zusammensetzung.

Das spez. Gewicht betrug bei Nr. 19 1,34, bei Probe Nr. 2 1,37. Diese Unterschiede dürften durch den verschiedenen Gehalt an Kakaobutter ($\gamma = 0{,}9$) bedingt sein.

Da Wasser aus den vorgenannten Gründen als Meßflüssigkeit ausschied, wurde Palatinol A gewählt.

Die beiden Kurven (Abb. 3) zeigen ein fast monodisperses Gut. Die Hauptmenge liegt beim gebeutelten Kakao (Nr. 19) mit 70% zwischen den Korngrößen 55—75 μ, beim windgesichteten mit 57% zwischen den Korngrößen 50—60 μ.

Der windgesichtete Kakao liefert also bedeutend feinere Korngrößen. Da nun die Qualität des Kakaopulvers (qualitätsgleiche Rohprodukte vorausgesetzt) nach der Ansicht der

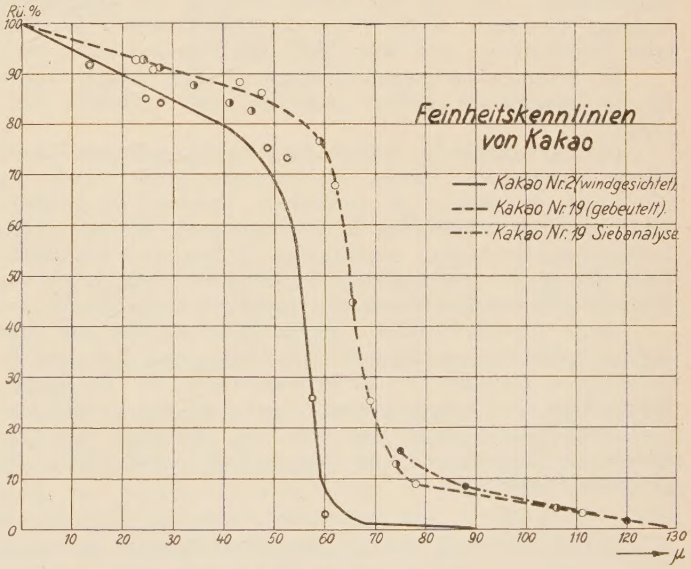

Abb. 3.

Fachliteratur mit steigender Kornfeinheit wächst, so wäre in diesem Fall der windgesichtete höher zu bewerten. Somit scheint auch die Angabe der Lieferfirma, daß ihr Produkt als windgesichtetes besser sei, in bezug auf die Feinheit gerechtfertigt.

Es lag ferner eine Probe von Kakao Nr. 19 vor, der das Rückführgut aus dem Trommelsieb darstellt. Es wurde nun der Versuch gemacht, dieses mit Hilfe der Pipetteanalyse auf Kornfeinheit zu untersuchen. Der Versuch mißlang aber, da

[22]) *Beythien*, Handb. der Nahrungsmittel-Untersuchung, 1915, Bd. 2, S. 337.

[23]) *Boll*, Chemiker-Ztg. **36**, 914 [1912].

die Probe zuviel Verunreinigungen in Gestalt von Schalenteilchen u. s. w. aufwies und die einzelnen leichteren Bestandteile aufschwammen.

Soll die Feinheitskennlinie trotzdem angefertigt werden, so muß das Gut vorher durch Zentrifugieren in schweren Flüssigkeiten[24]) in Fraktionen von annähernd gleichem spez. Gewicht zerlegt werden.

zeigt das Vorliegen eines polydispersen Gutes und nähert sich in ihrem Verlauf stark den Feinheitskennlinien von Weizenmehlen.

Der Eindruck der Griffigkeit scheint hierbei nicht allein durch die etwas gröbere Korngröße, sondern auch durch die würfelige Kornform und durch die größere Härte des Einzelkorns bedingt zu sein.

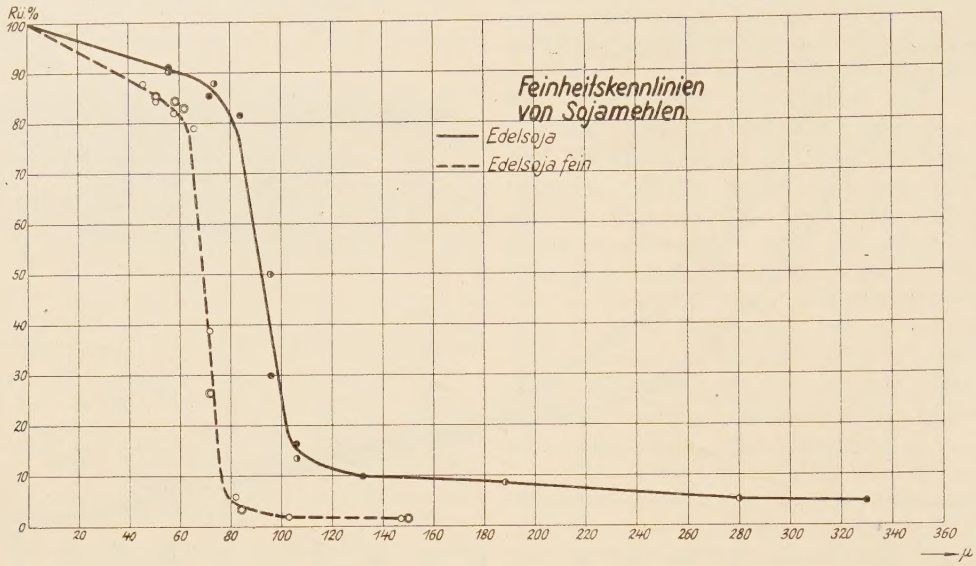

Abb. 4.

3. Sojamehl.

Die Sojabohne wird ihres hohen Fettgehaltes wegen in letzter Zeit in steigendem Maße in Deutschland eingeführt. Aus ihr wird ein Mehl hergestellt, das als Zusatzmittel im Bäckereibetrieb von seiten der Hersteller empfohlen wird.

Bisher war über Kornverteilung und Korngröße des Sojamehls nichts bekannt. Die Siebanalyse, die noch am ehesten darüber hätte Auskunft geben können, versagte in diesem Fall vollkommen. Das Gut hat starke Neigung zur Zusammenballung, die auch durch Dispersionsmittel, wie z. B. Sand oder Schrotkörner, auf dem Sieb nicht zu beseitigen war.

Die Sedimentanalyse wurde an zwei Proben vorgenommen, die die Handelsbezeichnung „Edelsoja" und „Edelsoja fein" trugen.

Der mikroskopische Befund ergab kugelig geformte Einzelkörner verschiedener Größe. Als Dispersionsmittel wurde, um ein Lösen des Fettes zu vermeiden, Palatinol A gewählt. Eine vorherige Entfettung und nachfolgende Kornfeinheitsbestimmung ist weniger zweckmäßig, da hierdurch eine Änderung des spez. Gewichtes der Einzelteilchen und somit ein falsches Bild des Kurvenverlaufs bewirkt werden würde.

Beide Kurven (Abb. 4) zeigen, daß das Gut mit dem weitaus größten Gewichtsanteil in einem engen Korngrößenbereich von allenfalls 25 μ Breite konzentriert ist. Die Hauptmenge liegt bei Edelsoja mit 65 % zwischen den Kornklassen 80—105 b, bei Edelsoja fein mit 75 % zwischen 62—80 μ. Besonders bemerkenswert ist der geringe Anteil (10 %) an gröberen Kornklassen.

4. Reismehl.

Untersucht wurde ein handelsübliches Produkt der Firma Knorr, an dem seine Griffigkeit auffiel. Der mikroskopische Befund zeigte Körner von würfeliger bis schwach prismatischer Gestalt. Des gröberen Korns wegen wurde als Meßflüssigkeit Palatinol A gewählt.

Abb. 5 zeigt die erhaltene Feinheitskennlinie. Die Siebanalyse schloß sich in ihrem Kurvenverlauf der Sedimentanalyse recht gut an, gibt aber zu grobes Korn. Die Kurve

Die würfelige Form setzt dem Verschieben der einzelnen Teilchen gegeneinander beim Befühlen einen größeren Widerstand entgegen, der rein gefühlsmäßig als gröberes Korn verbucht wird.

Ich erwähne diese Methode, um auf die Fragwürdigkeit derartiger Befühlsmethoden hinzuweisen.

5. Stärkemehle.

Die Stärkekörner verschiedener Pflanzen unterscheiden sich durch Form und Größe. Letztere variiert nicht nur von

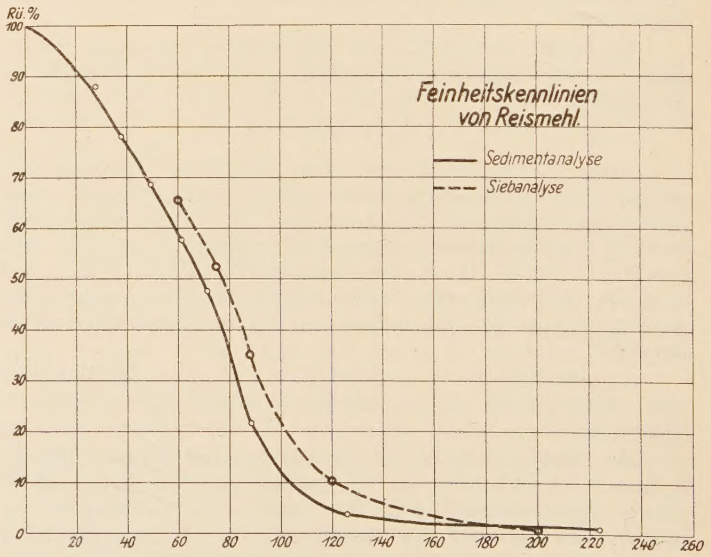

Abb. 5.

Pflanzenart zu Pflanzenart, auch im Gewebe einer Pflanze kommen in Form und Größe verschiedene Körner nebeneinander vor.

Diese Verschiedenheit bewegt sich innerhalb gewisser, bestimmbarer Grenzen, so daß die Größe der Stärkekörner für die Beurteilung einer Stärkesorte oft einen wichtigen Anhaltspunkt bedeutet.

[24]) *Groß*, Kohlenpetrographische Untersuchungen auf Grund des spez. Gewichts der einzelnen Komponenten, die durch Zentrifugieren in schw. Flüssigkeiten erhalten wurden. Fortschr. Mineral. Krystallogr. Petrogr. **12**, 36 [1927].

Allgemein pflegt man mit Rücksicht auf die Korngröße nachstehende Gruppen zu unterscheiden[25]):

1. Kleine Körner von 2—15 μ Durchmesser.
2. Mittlere Körner von 20—50 μ Durchmesser.
3. Große Körner, die schon mit bloßem Auge sichtbar sind.

Das spez. Gewicht schwankt je nach Pflanzenart und dem Wassergehalt der Körner. Nach den Bestimmungen im Vakuum-Pyknometer beträgt es im Mittel 1,47.

Die Untersuchungen selbst erstreckten sich auf die Stärkemehle von Mais, Reis und Kartoffeln.

1. Die mikroskopische Voruntersuchung von „Mondamin" zeigte Einzelkörner von unregelmäßiger Gestalt, aber stets abgerundet kugelig, so daß die *Stokes*sche Formel für diese Untersuchung Anwendung finden konnte.

Um infolge der Feinheit des Gutes eine allzu lange Sedimentszeit zu vermeiden, wurde als Meßflüssigkeit Isobutylalkohol gewählt.

Die erhaltenen Werte sind als Feinheitslinien in Abb. 6 aufgetragen. Die Hauptmenge (75 %) liegt zwischen den Korngrößen 10—30 μ.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Literaturangaben vollkommen überein[26]).

2. Bei der Reisstärke unterscheidet man im allgemeinen zwei Formen von Stärkekörnern, die zusammengesetzten Stärkekörner aus über hundert Einzelkörnern, während die Zwischenräume von Einzelkörnern mit sogenannter Füllstärke ausgefüllt werden. In den feineren Sorten des Handels sind erstere fast völlig zertrümmert, so daß die Stärke fast gleichmäßig erscheint.

Als Untersuchungsobjekt diente ein handelsüblicher Reispuder unbekannter Herkunft. Die mikroskopische Untersuchung zeigte neben wenigen größeren zusammengesetzten Körnern Einzelkörner von kantiger, selten rundlicher Gestalt.

Als Meßflüssigkeit wurde hier aus den vorher erwähnten Gründen gleichfalls Isobutylalkohol benutzt.

Die erhaltene Feinheitskennlinie (Abb. 6) zeigt in ihrem Verlauf große Ähnlichkeit mit der des Maismehls. Nur liegt sie bedeutend feiner, da 80 % des Gutes kleiner als 15 μ sind. *Samec*[24]) gibt die Größe der Einzelkörner mit 2—15 μ an; durch die Sedimentanalyse wird diese Feststellung in allen Punkten bestätigt.

3. Die Gestalt der Einzelkörner der Kartoffelstärke ist höchst charakteristisch, so daß gerade die Kartoffelstärke zu den Stärkearten gehört, die am leichtesten von allen anderen erkannt werden kann.

Ihre Körner sind fast immer Einzelkörner von stark schwankender Gestalt, meist eiförmig, vereinzelt auch drei- oder viereckig abgerundet oder keilförmig. Trotzdem die Körner der Kartoffelstärke von der Kugel- oder Würfelform stark abweichen, glaube ich, daß der Anwendung der *Stokes*schen Formel nicht im Wege stehen wird. Denn die erhaltene Kurve wird man ohne weiteres zu Vergleichszwecken heranziehen können.

Als Meßflüssigkeit wurde Palatinol A gewählt, für den Kontrollversuch Isobutylalkohol, da hierbei noch günstig zu realisierende Fallzeiten zu erzielen waren. Die beiden Versuche weisen eine gute Übereinstimmung auf und beweisen erneut, daß beide Flüssigkeiten sämtliche Bedingungen, die an das Dispersionsmittel gestellt werden müssen, erfüllen.

Die erhaltene Feinheitskennlinie (Abb. 6) zeigt gegenüber den Feinheitskennlinien von Mais- und Reisstärke, daß ein mehr polydisperses Gut und viel gröbere Korngrößen vorliegen.

6. Puderzucker.

Bisher stand zur Kornfeinheitsermittlung nur die Siebanalyse zur Verfügung. Aber sie versagte bald, da der größere Mengenanteil des Puderzuckers unter 60 μ liegt, und da fernerhin das Gut bei zunehmender Feinheit sich so stark zusammenballte, daß keine übereinstimmenden Messungen erzielt werden können.

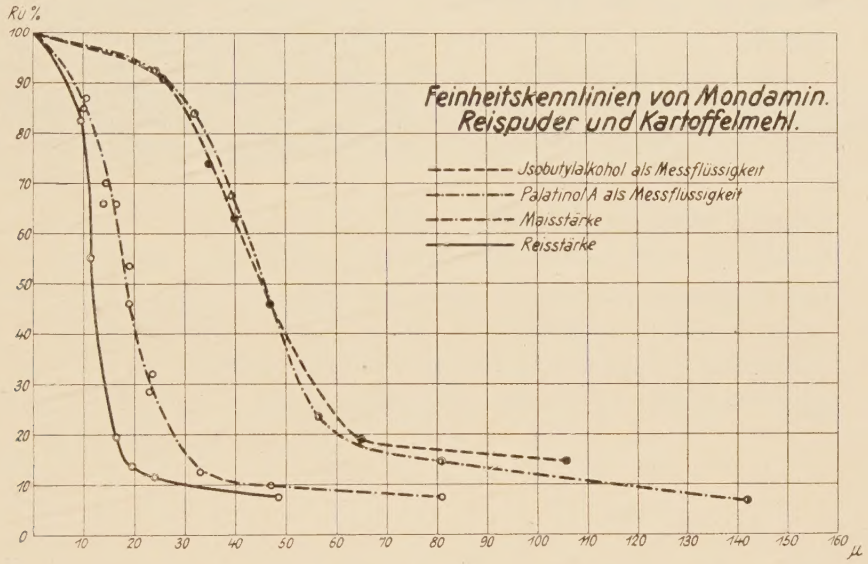

Abb. 6.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf zwei Sorten handelsüblicher Puderzucker, deren Herkunft unbekannt war. Sie führen die Bezeichnung Nr. 1 und Nr. 2.

Der mikroskopische Befund zeigte würfelförmige Einzelteilchen.

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Untersuchungen bereitete dieses Mal die Wahl des Dispersionsmittels große Schwierigkeiten; mit Palatinol zeigten sich bei Probe Nr. 2 auch bei Konzentrationsänderung in sehr starkem Maße Flockungserscheinungen. Versuche, als Meßflüssigkeit eine Mischung von Ricinusöl und Tetrachlorkohlenstoff-Xylol zu nehmen, schlugen gleichfalls fehl, da sich auch hier starke Koagulationserscheinungen zeigten. Bei Verwendung von Isobutylalkohol als Meßflüssigkeit traten diese nicht auf. Leider stand aber das hohe spez. Gewicht des Zuckers mit 1,6 zu dem geringen des Isobutylalkohols von 0,799 in einem argen Mißverhältnis, so daß bei dem kleinen *Andreasen*schen Apparat experimentell günstig zu realisierende Fallzeiten nicht zu erhalten waren. Als letzter Weg blieb daher nur übrig, mit der Fallhöhe heraufzugehen. Nachdem ein Standzylinder von 45 cm Höhe zu einem Pipetteapparat umgebaut war, nahmen die Versuche einen vollkommen einwandfreien Verlauf.

[25]) *Samec*, Kolloidchemie der Stärke 1927, S. 96.

[26]) *Beythien*, Handb. der Nahrungsmittel-Untersuchung, 1915, Bd. 2, S. 83.

Abb. 7 zeigt die Gegenüberstellung beider Feinheitskennlinien. Man erkennt aus ihnen, daß in beiden Fällen ein Gut von polydispersem Charakter vorliegt, wobei Probe Nr. 2 etwas mehr feineres Gut aufweist.

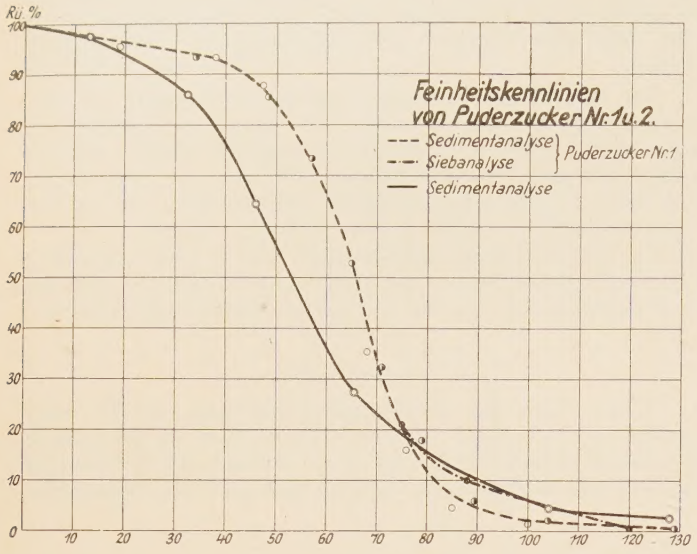

Abb. 7.

Die Gründe für die Verschiedenheit des Kurvenverlaufes dürften in dem angewandten Vermahlungsverfahren des Zuckers zu suchen sein.

Zusammenfassung.

Durch die vorhergehenden Untersuchungen wurde gezeigt, daß in der Sedimentanalyse mit dem Pipetteapparat von *Andreasen* ein Mittel zur Bestimmung von Korngröße und Mengenanteil bei mehl- oder staubförmig vorkommenden organischen Substanzen vorhanden ist.

Durch ihre Billigkeit und einfache Anwendungsweise ist sie besonders für den praktischen Betrieb geeignet. Sie kann hierbei gute Dienste bei Betriebsüberwachungen leisten. Durch die erhaltenen Feinheitskennlinien werden die Stoffe eindeutig nach Korngröße und Mengenanteil charakterisiert. Sie gestattet ferner bisher übliche Begriff wie griffig, halbgriffig usw. rein zahlenmäßig festzulegen. Hierin liegt ihr großer Vorteil, da die reinen subjektiven Prüfmethoden nur in den Händen eines sehr Erfahrenen und bei Vorliegen gleichartigen Gutes brauchbare Werte liefern können.

Auch bei Beanstandungen wird die Feinheitskennlinie außerordentlich große Dienste leisten, da sie gestattet, das Gut eindeutig und zahlenmäßig nach Korngröße und Mengenanteil festzulegen.

Die Brauchbarkeit der Sedimentanalyse zur Nachprüfung schon bekannter physikalischer Konstanten ist durch die vorher genannten Untersuchungen erwiesen.

Auch bei der Ermittlung des Sichtvorganges in Windsichtern kann man sich rechnerisch auf sie stützen.

Weiterhin bietet die Sedimentanalyse der feinen Staubgemische eine Möglichkeit, Adsorptionsvorgänge durch Berechnung der wirksamen Oberfläche und die sonstige Reaktionsfähigkeit solcher Pulver festzustellen.

Verantwortlicher Redakteur: Dr. W. Foerst, Berlin. — Verlag Chemie, GmbH., Berlin W 35. — Druck: Märkische Druckanstalt GmbH., Berlin N 65.

Lebenslauf

Ich, Erich Kaul, wurde am 6. November 1902 zu Heydebreck O.-S. als Sohn des Oberpostsekretärs Bruno Kaul geboren. Nach Besuch der Gymnasien zu Breslau und Patschkau verließ ich letzteres mit dem Zeugnis der Reife. Nach Ableistung praktischer Tätigkeit wurde ich im Oktober 1924 an der Technischen Hochschule zu Breslau immatrikuliert.

Nach mehrmaliger, durch wirtschaftliche Schwierigkeiten bedingter Unterbrechung des Studiums bestand ich im Jahre 1932 die Diplomhauptprüfung in der Fachrichtung Bergbau. Danach war ich im Institut für Aufbereitungskunde mit Anfertigung vorliegender Arbeit beschäftigt.

Seit dem 1. April 1934 bin ich bei der Preußischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., Zweigniederlassung Erdöl- und Bohrverwaltung, in Schönebeck (Elbe) tätig.